



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
PARA HEMODIÁLISIS”**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Juan Jose Palomino Quispe

Asesor:

Ing. Willy Roberto Mantilla Correa

Trujillo - Perú

2020

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requerimiento necesario para la instalación del sistema de aprovechamiento de agua residual.....	<b>30</b>
<b>Tabla 2.</b> Cuadro de precios por consumo de agua en la provincia de Trujillo – sedalib....	<b>35</b>
<b>Tabla 3.</b> Cuadro de costo consumo mensual de agua para planta de tratamiento de agua en hemodiálisis.....	<b>36</b>
<b>Tabla 4.</b> Cuadro de costo mensual de consumo de agua para servicios higiénicos de hemodiálisis.....	<b>36</b>
<b>Tabla 5.</b> Cuadro de costo total de consumo de agua en la unidad de hemodiálisis.....	<b>36</b>
<b>Tabla 6.</b> Cuadro de costo aproximado de consumo de agua en HD.....	<b>37</b>
<b>Tabla 7.</b> Insumos necesarios en la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis.....	<b>38</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama institucional JAK BIOMEDICAL SERVICE E.I.R.L.	09
Figura 2. Conexión arteria-venosa en paciente renal	11
Figura 3. Máquina de hemodiálisis de marca: Fresenius	12
Figura 4. Máquina de hemodiálisis de marca: Nipro	13
Figura 5. Máquina de hemodiálisis de marca: Gambro	13
Figura 6. Vista interna de un dializador para hemodiálisis	14
Figura 7. Vista real de un dializador para hemodiálisis	15
Figura 8. Esquema de funcionamiento de una planta de tratamiento de agua para Hemodiálisis	16
Figura 9. Vista interna de filtro multimedia	17
Figura 10. Calidad del agua blanda	19
Figura 11. Vista interna de un filtro ablandador	19
Figura 12. Vista interna del filtro de carbón	21
Figura 13. Diagrama de proceso de ósmosis y ósmosis inversa	22
Figura 14. Elementos típicos de una membrana de OI (John C. Crittenden et al.)	23
Figura 15. Elementos que son eliminados por la ósmosis inversa	24
Figura 16. Equipo de ósmosis inversa	25
Figura 17. Electrobomba centrífuga	26
Figura 18. Instalación típica de un equipo de radiación UV	27
Figura 19. Instalación de conexiones para el aprovechamiento del agua residual	29
Figura 20. Consumo en un turno por 01 máquina de hemodiálisis	34
Figura 21. Consumo diario de agua en una planta de tratamiento de agua para hemodiálisis	35
Figura 22. Producción de la ósmosis inversa	35
Figura 23. Índice porcentual de agua de rechazo	35
Figura 24. Gráfico de barras del costo aproximado en el consumo y ahorro de agua	38

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Agua osmotizada consumida	34
Agua residual producida	34
Agua total consumido	35
Costo mensual de consumo de planta de tratamiento de agua para Hemodiálisis	36
Costo mensual de consumo de agua en servicios higiénicos en Hemodiálisis	36
Costo total mensual de consumo de agua en Hemodiálisis	36

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como objetivo general el desarrollo de la “Propuesta de Aprovechamiento de agua residual de una planta de tratamiento de agua para hemodiálisis” Trujillo – 2020. La empresa de la salud dedicada al tratamiento de pacientes con insuficiencia renal crónica requiere máquinas de hemodiálisis, las cuales usan para su funcionamiento aparte de energía eléctrica, agua ultrapura, la cual se consigue mediante una planta de tratamiento de agua para hemodiálisis. Para lograr dicho fin, necesitamos de una serie de procesos para lograr la calidad necesaria, que es menor a 5 uS de conductividad, la cual exige el ministerio de salud. La planta de tratamiento de agua para hemodiálisis alimenta en promedio a 14 máquinas de hemodiálisis, ya sea en una clínica u hospital. Por tal motivo el consumo de agua potable es alto. Una planta de tratamiento de agua estándar para hemodiálisis puede producir 4 galones de agua por minuto y para producir dicha cantidad elimina 6 galones de agua por minuto. El cual se puede aprovechar alrededor de 150% de agua de rechazo por todo de agua producida para hemodiálisis. Para reducir los costos en el consumo de agua potable y distribución del agua residual de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis, se aprovecha el funcionamiento de la electrobomba del ósmosis inversa y por la presión que tiene puede llegar hasta 2 pisos arriba y es almacenado en un tanque de almacenamiento con un dosificador de cloro para poder potabilizarlo, se aprovecha la caída por gravedad para alimentar con agua los servicios higiénicos y en caso haya un exceso de producción el riego de áreas verdes. Así concluimos que es una buena opción el poder aprovechar el líquido desperdiciado y con bajo costo de inversión se puede darle buen uso.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- ✓ *Plantas De Tratamiento De Agua* (2020)  
Plantadetratamientodeagua.com. <https://plantadetratamientodeagua.com/>
- ✓ Ósmosis inversa. (2020).  
[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93smosis\\_inversa](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93smosis_inversa).
- ✓ hemodiálisis. (2020). de <https://www.niddk.nih.gov/>.  
<https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-rinones/insuficiencia-renal/hemodialisis>
- ✓ Clinic Family Health Book (Libro de Salud Familiar de Mayo Clinic) 5.<sup>a</sup> edición 2019. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-rinones/insuficiencia-renal/hemodialisis>
- ✓ Planta de tratamiento de agua (2020)  
[https://www.merinsa.com/pdf/industriales/equipos/FiltroCarbonActivadoMerinsacSimple\\_Magnum.pdf](https://www.merinsa.com/pdf/industriales/equipos/FiltroCarbonActivadoMerinsacSimple_Magnum.pdf)
- ✓ <http://acquatecnologiaperu.com/producto/ablandadores-de-agua>
- ✓ **Water Quality Association.** Scale deposits. WQA, Junio de 2018  
<https://staging.wqa.org/Learn-About-Water/Perceptible-Issues/Scale-Deposits>.
- ✓ **Organización Mundial de la Salud.** Guías para la calidad del agua potable. 2016.  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf).  
92 4 154696 4.